

25.12.02

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 24 JAN 2003

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年12月26日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-394546

[ST.10/C]:

[JP2001-394546]

出 願 人

Applicant(s):

東京エレクトロン株式会社

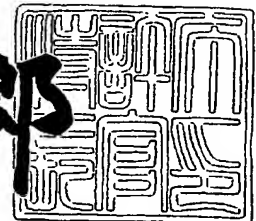
**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2002年10月25日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2002-3084506

【書類名】 特許願

【整理番号】 JPP010232

【提出日】 平成13年12月26日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H01L 21/318  
H01L 21/314

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター  
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 菅原 卓也

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター  
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 松山 征嗣

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター  
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 佐々木 勝

【特許出願人】

【識別番号】 000219967

【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100070150

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊東 忠彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002989

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 基板処理方法および半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体素子が形成されたシリコン基板を、水素ラジカル（含水素イオン）に対して曝露する基板処理方法であって、

前記水素ラジカルは、マイクロ波プラズマにより励起されることを特徴とする基板処理方法。

【請求項 2】 前記水素ラジカルは、水素ガスを希ガスのマイクロ波プラズマにより励起することで形成されることを特徴とする請求項 1 記載の基板処理方法。

【請求項 3】 前記シリコン基板を水素ラジカルに対して曝露する工程は、500℃以下の基板温度で実行されることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の基板処理方法。

【請求項 4】 前記マイクロ波プラズマは、前記シリコン基板に対面するように設けられたシャワープレートから、水素ガスと希ガスを前記シリコン基板表面に一様に供給する工程と、前記シャワープレートを介してマイクロ波を供給し、前記希ガスをプラズマ励起する工程とよりなることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のうち、いずれか一項記載の基板処理方法。

【請求項 5】 前記希ガスは H e , A r , K r , X e より選ばれ、前記マイクロ波は 1 ～ 1 0 G H z の周波数を有することを特徴とする請求項 4 記載の基板処理方法。

【請求項 6】 シリコン基板表面に酸化膜を形成する工程と、  
前記酸化膜をマイクロ波プラズマ処理により窒化し、すくなくとも部分的に酸窒化膜に変換する工程と、

前記酸窒化膜上にポリシリコン膜を形成する工程と、

前記ポリシリコン膜を水素ラジカルに曝露する工程とを含む半導体装置の製造方法において、

前記水素ラジカルは、マイクロ波プラズマにより励起されることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 7】 前記水素ラジカルは、水素ガスを希ガスのマイクロ波プラズマにより励起することで形成されることを特徴とする請求項 6 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】 前記シリコン基板を水素ラジカルに対して曝露する工程は、500℃以下の基板温度で実行されることを特徴とする請求項 6 または 7 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 9】 前記マイクロ波プラズマは、前記シリコン基板に対面するように設けられたシャワープレートから、水素ガスと希ガスとを前記シリコン基板表面に一樣に供給する工程と、前記シャワープレートを介してマイクロ波を供給し、前記希ガスをプラズマ励起する工程とよりなることを特徴とする請求項 6 ～ 8 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 10】 シリコン基板表面に酸化膜を形成する工程と、  
前記酸化膜をマイクロ波プラズマ処理により窒化し、すくなくとも部分的に酸窒化膜に変換する工程と、

前記酸窒化膜上にポリシリコン膜を形成する工程と、

前記ポリシリコン膜を水素ラジカルに曝露する工程とを含む半導体装置の製造方法において、

前記ポリシリコン膜を水素ラジカルに曝露する工程は、水素雰囲気中での熱処理により実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は一般に半導体装置の製造に係り、特に半導体基板に対して施される水素終端処理に関する。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

半導体装置の製造工程においては、様々な半導体装置が形成されたシリコン基板を水素雰囲気中において熱処理する水素シンタ処理が不可欠である。このような水素シンタ処理を行うことにより、シリコン基板とゲート酸化膜との界面領域

、あるいはポリシリコンゲート電極膜中に存在するダングリングボンドが終端され、このようなダングリングボンドに電荷が捕獲されることによる半導体装置の電気特性の変動が抑制される。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】

従来より、このような水素シタ処理は水素雰囲気中における熱処理により実行されているが、熱処理により水素ラジカルを発生させようとする、一般に 700℃以上の高温が必要になる。しかし、水素シタ処理されるシリコン基板中には、多数の微細な半導体素子がすでに形成されており、従ってこのような微細な半導体素子が形成されたシリコン基板に対して高温での熱処理をベースとする水素シタ処理を行うと、半導体素子中の不純物プロファイルが不純物元素の拡散により乱れ、しきい値特性や電流駆動能力が仕様で定められた値から外れてしまう等の問題が発生してしまう。このような事情から、可能な限り低温で水素シタ処理を実行できる技術が要求されている。

【 0 0 0 4 】

特に最近のゲート長が 0.1  $\mu\text{m}$  前後の超微細化高速半導体装置では、ゲート長の短縮に伴ってゲート絶縁膜の膜厚もスケールング則に従って低減させる必要があり、このため物理的な膜厚が大きくても熱酸化膜に換算した場合の電気的膜厚が小さい窒化膜あるいは酸窒化膜を、従来の熱酸化膜よりなるゲート絶縁膜の代わりに使い、薄いゲート絶縁膜を使うことに伴って生じるトンネル電流によるゲートリーク電流の増加の問題を抑制しようという提案がなされている。

【 0 0 0 5 】

従来より、窒化膜は一般に CVD 法等により形成されてきたが、このような従来の窒化膜は多数の欠陥あるいは界面準位を含んでおり、ゲート絶縁膜に使った場合にはキャリアのトラップや、これに伴うしきい値特性の変動等の問題を引き起こす。このため、従来より、窒化膜あるいは酸窒化膜を MOS トランジスタのゲート絶縁膜に使う試みはなされていなかった。

【 0 0 0 6 】

これに対し、最近、He, Ar, Kr, Xe などの希ガスを、酸素を含むガス

や窒素を含むガスとともに、被処理基板に対向して設けられた平板状のシャワープレートから、被処理基板とシャワープレートとの間の空間に供給し、かかるシャワープレートの背後から、数百MHz～10GHz程度の周波数の強力なマイクロ波を、前記シャワープレートを介して前記空間に供給し、前記空間において希ガスをプラズマ励起し、これに伴って酸素を含むガスや窒素を含むガスのラジカル、例えば酸素ラジカル $O^*$ や窒素ラジカル $NH^*$ を形成し、このようなラジカルによりシリコン基板表面を酸化あるいは窒化する技術が提案されている。

## 【0007】

このような技術を使うことにより、シリコン基板表面を600℃以下の低い基板温度であっても直接に酸化処理あるいは窒化処理することが可能になっており、またこのような酸化処理あるいは窒化処理により、界面準位密度が低くリーク電流特性に優れた酸化膜あるいは窒化膜を得ることが可能になっている。特にシリコン基板表面にマイクロ波プラズマ酸化処理により高品質のプラズマ酸化膜を形成し、この表面をマイクロ波プラズマ窒化処理により窒化して形成した酸窒化膜は、酸化膜換算膜厚を低減でき、しかもポリシリコンゲート電極等においてドーパントとして使われる不純物元素の拡散を抑制することができるため、MOSトランジスタのゲート絶縁膜として重要である。

## 【0008】

図1(A)～(E)は、このような酸窒化膜をゲート絶縁膜として有するMOSトランジスタの製造工程を、また図2は、図1(A)～(E)の工程においてシリコン基板表面をマイクロ波プラズマ酸化あるいは窒化処理するのに使われるマイクロ波プラズマ処理装置10の構成を示す。

## 【0009】

図2を参照するに、マイクロ波プラズマ処理装置10は被処理基板Wを保持する基板保持台12が形成された処理容器11を有し、処理容器11は排気ポート11Aにおいて排気される。

## 【0010】

前記処理容器11上には前記基板保持台12上の被処理基板Wに対応して開口部が形成されており、前記開口部は、アルミナ等の低損失セラミックよりなるカ

バンププレート13により塞がれている。さらにカバープレート13の下には、前記被処理基板Wに対面するように、ガス導入路とこれに連通する多数のノズル開口部とを形成された、アルミナ等の低損失セラミックよりなるシャワープレート14が形成されている。

#### 【0011】

前記シャワープレート13およびカバープレート14はマイクロ波窓を形成し、前記カバープレート14の外側には、ラジアルラインスロットアンテナあるいはホーンアンテナ等のマイクロ波アンテナ15が形成されている。

#### 【0012】

動作時には、前記処理容器11内部の処理空間は前記排気ポート11Aを介して排気することにより所定の処理圧に設定され、前記シャワープレート14からアルゴンやKr等の不活性ガスと共に酸素を含んだガスや窒素を含んだガスが導入される。

#### 【0013】

さらに前記アンテナ15から周波数が数GHzのマイクロ波を導入することにより、前記処理容器11中において被処理基板Wの表面に高密度マイクロ波プラズマを励起する。プラズマをマイクロ波により励起することにより、図1の基板処理装置ではプラズマの電子温度が低く、被処理基板Wや処理容器11内壁の損傷が回避できる。また、形成されたラジカルは被処理基板Wの表面に沿って径方向に流れ、速やかに排気されるため、ラジカルの再結合が抑制され、効率的で非常に一様な基板処理が、600℃以下の低温において可能になる。

#### 【0014】

次に図1(A)～(E)を参照するに、図1(A)の工程ではシリコン基板21を前記被処理基板Wとして前記基板処理装置10の処理容器11中に導入し、前記シャワープレート14からArやKrと酸素の混合ガスを導入し、これをマイクロ波プラズマ励起することにより酸素反応種O\*（ラジカル、イオン等）を形成する。かかる酸素反応種O\*により前記シリコン基板21の表面を処理することにより、図1(B)に示すように、シリコン基板21の表面に厚さが1～2nmのシリコン酸化膜22を形成する。このようにして形成されたシリコン酸化



膜 2 2 は、4 0 0 ℃ 程度 の 非 常 に 低 い 基 板 温 度 で 形 成 さ れ た に も か か わ ら ず、1 0 0 0 ℃ 以 上 の 高 温 で 形 成 さ れ た 熱 酸 化 膜 に 匹 敵 す る リ ー ク 電 流 特 性 を 有 す る。  
あ る い は、前 記 シ リ コ ン 酸 化 膜 2 2 は 熱 酸 化 膜 で あ っ て も よ い。

## 【 0 0 1 5 】

次 に 図 1 ( C ) の 工 程 に お い て 図 1 の 基 板 処 理 装 置 1 0 に お い て 前 記 処 理 容 器 1 1 中 に 希 ガ ス と 窒 素 の 混 合 ガ ス を 供 給 し、基 板 温 度 を 4 0 0 ℃ に 設 定 し て マ イ ク ロ 波 を 供 給 す る こ と に よ り プ ラ ズ マ を 励 起 す る。

## 【 0 0 1 6 】

図 1 ( C ) の 工 程 で は、処 理 容 器 1 1 の 内 圧 を 例 え ば 7 P a に 設 定 し、A r ガ ス を 例 え ば 1 0 0 0 S C C M の 流 量 で、ま た 窒 素 ガ ス を 例 え ば 4 0 S C C M の 流 量 で 供 給 す る。そ の 結 果、前 記 シ リ コ ン 酸 化 膜 2 2 の 表 面 が シ リ コ ン 酸 窒 化 膜 2 2 A に 変 換 さ れ る。

## 【 0 0 1 7 】

図 1 ( C ) の 工 程 の 後、図 1 ( D ) の 工 程 に お い て 前 記 シ リ コ ン 酸 窒 化 膜 2 2 A 上 に ポ リ シ リ コ ン 膜 2 3 が 形 成 さ れ、図 1 ( E ) の 工 程 に お い て 前 記 ポ リ シ リ コ ン 膜 2 3 を パ タ ー ニ ン グ し て 所 望 の ゲ ー ト 電 極 2 3 A を 形 成 し た 後、前 記 ゲ ー ト 電 極 2 3 A を マ ス ク に イ オ ン 注 入 を 行 う こ と に よ り、シ リ コ ン 基 板 2 1 中 に 拡 散 領 域 2 1 A、2 1 B が 形 成 さ れ る。

## 【 0 0 1 8 】

と ころ で、こ の よ う に し て 形 成 さ れ た 図 1 ( E ) の M O S ト ラ ン ジ ス タ で は、ポ リ シ リ コ ン ゲ ー ト 電 極 2 3 A 中、あ る い は ポ リ シ リ コ ン ゲ ー ト 電 極 2 3 A と 酸 窒 化 膜 2 2 A と の 間 の 界 面 に お い て ダ ン グ リ ン グ ボ ン ド が 形 成 さ れ て お り、従 っ て こ の よ う な ダ ン グ リ ン グ ボ ン ド を 水 素 シ ン タ 処 理 に よ り 水 素 終 端 し て お か な い と、ダ ン グ リ ン グ ボ ン ド に 結 合 し た 電 荷 に よ り、M O S ト ラ ン ジ ス タ の 動 作 特 性 が 設 計 値 か ら 大 き く ず れ て し ま う。

## 【 0 0 1 9 】

ま た 図 1 ( A ) ～ ( E ) の 半 導 体 装 置 の 製 造 プ ロ セ ス で は、図 1 ( C ) の 工 程 に お い て 酸 化 膜 2 2 を シ リ コ ン 基 板 2 1 上 に お い て 窒 化 処 理 し た 場 合、得 ら れ る 酸 窒 化 膜 2 2 A の C - V 特 性 が、図 3 に 示 す よ う に 窒 化 時 間 と と も に 変 化 す る こ

とが見出された。ただし図 3 中、縦軸はシリコン基板 2 1, ポリシリコン膜 2 3 および酸窒化膜 2 2 A により形成される MOS キャパシタのキャパシタンスを、横軸は前記ポリシリコン膜 2 3 に印加されるゲート電圧  $V_g$  を示している。酸窒化膜 2 2 A の C-V 特性の変化に伴って、図 1 (E) のような MOS トランジスタを形成した場合、トランジスタのフラットバンド電圧やしきい値電圧も変化してしまう。

#### 【0020】

このようなトランジスタ特性の変化は、酸窒化膜 2 2 A 中、特にその表面に存在しているダングリングボンドにより生起していると考えられ、従ってこの特性変化を補償するためには、これらのダングリングボンドを水素シタ処理により終端させる必要がある。

#### 【0021】

そこで、本発明は上記の課題を解決した、新規で有用な基板処理方法を提供することを概括的課題とする。

#### 【0022】

本発明のより具体的な課題は、半導体素子が形成されたシリコン基板に対し、低い基板処理温度で、しかも基板に損傷を与えることなく、水素シタ処理を行うことの可能な基板処理方法を提供することにある。

#### 【0023】

本発明のその他の課題は、シリコン基板上の酸化膜表面をプラズマ窒化処理により酸窒化膜に変換し、このような酸窒化膜上にポリシリコン膜を形成した半導体装置において、ポリシリコン膜中、およびポリシリコン膜と酸窒化膜との界面近傍に存在するダングリングボンドを水素終端し、酸化膜の窒化処理により生じた半導体装置の電気特性の変化を補償することが可能な半導体装置の製造方法を提供することにある。

#### 【0024】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は上記の課題を、  
請求項 1 に記載したように、

半導体素子が形成されたシリコン基板を、水素ラジカル（含水素イオン）に対して曝露する基板処理方法であって、

前記水素ラジカルは、マイクロ波プラズマにより励起されることを特徴とする基板処理方法により、または

請求項 2 に記載したように、

前記水素ラジカルは、水素ガスを希ガスのマイクロ波プラズマにより励起することで形成されることを特徴とする請求項 1 記載の基板処理方法により、または請求項 3 に記載したように、

前記シリコン基板を水素ラジカルに対して曝露する工程は、500℃以下の基板温度で実行されることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の基板処理方法により、または

請求項 4 に記載したように、

前記マイクロ波プラズマは、前記シリコン基板に対面するように設けられたシャワープレートから、水素ガスと希ガスとを前記シリコン基板表面に一樣に供給する工程と、前記シャワープレートを介してマイクロ波を供給し、前記希ガスをプラズマ励起する工程とよりなることを特徴とする請求項 1～3 のうち、いずれか一項記載の基板処理方法により、または

請求項 5 に記載したように、

前記希ガスは He, Ar, Kr, Xe より選ばれ、前記マイクロ波は 1～10 GHz の周波数を有することを特徴とする請求項 4 記載の基板処理方法により、または

請求項 6 に記載したように、

シリコン基板表面に酸化膜を形成する工程と、

前記酸化膜をマイクロ波プラズマ処理により窒化し、すくなくとも部分的に酸窒化膜に変換する工程と、

前記酸窒化膜上にポリシリコン膜を形成する工程と、

前記ポリシリコン膜を水素ラジカルに曝露する工程とを含む半導体装置の製造方法において、

前記水素ラジカルは、マイクロ波プラズマにより励起されることを特徴とする

半導体装置の製造方法により、または

請求項 7 に記載したように、

前記水素ラジカルは、水素ガスを希ガスのマイクロ波プラズマにより励起することで形成されることを特徴とする請求項 6 記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 8 に記載したように、

前記シリコン基板を水素ラジカルに対して曝露する工程は、500℃以下の基板温度で実行されることを特徴とする請求項 6 または 7 記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 9 に記載したように、

前記マイクロ波プラズマは、前記シリコン基板に対面するように設けられたシャワープレートから、水素ガスと希ガスとを前記シリコン基板表面に一様に供給する工程と、前記シャワープレートを介してマイクロ波を供給し、前記希ガスをプラズマ励起する工程とよりなることを特徴とする請求項 6～8 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 10 に記載したように、

シリコン基板表面に酸化膜を形成する工程と、

前記酸化膜をマイクロ波プラズマ処理により窒化し、すくなくとも部分的に酸窒化膜に変換する工程と、

前記酸窒化膜上にポリシリコン膜を形成する工程と、

前記ポリシリコン膜を水素ラジカルに曝露する工程とを含む半導体装置の製造方法において、

前記ポリシリコン膜を水素ラジカルに曝露する工程は、水素雰囲気中での熱処理により実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法により、解決する。

#### 〔作用〕

本発明によれば、酸化膜をプラズマラジカル窒化处理することにより形成された酸窒化膜を有する半導体装置の製造工程において、前記酸窒化膜上にポリシリコン膜を形成した後、水素ラジカルによる水素シタ処理を行うことにより、酸窒化膜とポリシリコン膜との界面近傍に形成されるダングリングボンドが終端さ

れ、半導体装置のフラットバンド電圧特性およびしきい値特性の変動が抑制される。

#### 【0025】

特に本発明によれば、水素シタ処理をマイクロ波プラズマ処理により実行することにより、低い基板温度および低い電子温度での処理が可能となる。

#### 【0026】

##### 【発明の実施の形態】

##### 〔第1実施例〕

図4（A）、（B）は、図1の基板処理装置10を使った本発明の一実施例による水素シタ処理を示す。

#### 【0027】

図4（A）を参照するに、図1（D）の半導体装置構造を形成されたシリコン基板21は前記被処理基板Wとして前記基板処理装置10の処理容器11中に導入され、前記シャワープレート14からArあるいはKr等の希ガスと水素の混合ガスを導入し、これを2.45GHzあるいは8.3GHzのマイクロ波で励起することにより水素ラジカル\*が形成される。

#### 【0028】

例えば前記処理容器11を67Paの処理圧に減圧し、基板温度を200℃に設定し、さらにArガスおよび水素ガスをそれぞれ1000SCCMおよび20SCCMの流量で前記処理容器11中に供給することにより、前記シャワープレート14直下にArプラズマとともに水素ラジカルH\*が形成される。

#### 【0029】

その結果形成された水素ラジカルH\*は、前記ポリシリコンゲート電極23A中に容易に侵入し、ポリシリコンゲート電極23A中のダングリングボンドを終端する。さらに、このようにして形成された水素ラジカルH\*は、前記ポリシリコン膜23を通過し、図4（B）にポリシリコン膜／酸窒化膜界面に到達してかかる界面近傍に存在する×で示すダングリングボンドを終端する。その結果、本実施例により、例えば図3で説明したような酸窒化膜22A形成に伴うしきい値特性の変動がMOSトランジスタに生じていても、このような変動を効果的に補

償することが可能になる。

【0030】

図4 (A) の工程においてこのような水素ラジカル終端処理を行った場合、ポリシリコン膜23中には多量の水素が含まれることになるが、ポリシリコン膜23はシランガスを原料に形成されているため、もともと多量の水素を含んでおり、水素が添加されることによる特性の劣化は生じない。これに対し、酸化膜22Aはマイクロ波プラズマ酸化処理により形成された酸化膜22のマイクロ波プラズマ窒化処理により形成された膜であり、膜中に含まれる水素はわずかである。また、このような水素ラジカル終端処理を行っても、水素の酸化膜22A中への侵入はわずかであると考えられる。

【0031】

このようなプラズマラジカル処理の際、図2の基板処理装置10においてプラズマガスとしてHe, Ar, Kr, HeやXeを使い、これを1~10GHz、例えば2.45GHzあるいは8.3GHzの周波数のマイクロ波により励起することにより、形成されるプラズマの電子温度を前記シャワープレート14下面から3cm以上、例えば6cm離間した点において2eV以下に抑制することが可能である。またこれに伴い、プラズマ電位もシャワープレート14の下面から2cm以上、例えば6cm離間した点において10V以下に抑制することが可能である。

【0032】

このように本発明では、水素ラジカルを発生させる際に図2の基板処理装置10を使い、マイクロ波プラズマを形成することにより、形成されるプラズマのエネルギーを抑制でき、他のプラズマ形成方法を使った場合に生じると考えられる荷電粒子による半導体装置の損傷の問題を回避することが可能である。

【0033】

なお、このようなマイクロ波プラズマ水素シタ処理は、図1 (D) の工程の半導体装置のみならず、図1 (E) やその後の工程の半導体装置に対しても適用可能である。

【0034】

このようにして水素シンタ処理を施すことにより、得られる半導体装置の特性が安定化し、ダングリングボンドによる電荷捕獲による電気特性の変動などの問題、あるいは先に図 3 で説明した酸化膜 2 2 の窒化処理に伴う半導体装置のフラットバンド電圧特性あるいはしきい値特性の変動が抑制される。その際、水素シンタ処理は 6 0 0 °C 以下の温度で実行可能であり、半導体装置中に形成されている不純物拡散領域などにおいて不純物元素の分布が変化する等の問題は生じない。特に、本発明によれば、水素シンタ処理を、基板温度を室温に設定して実行することも可能である。

## 【第 2 実施例】

図 5 は、本発明の第 2 実施例による水素シンタ処理を示す図である。

### 【0035】

図 5 を参照するに、図 1 (D) あるいは 1 (E) の工程で形成された半導体構造を担持するシリコン基板 1 1 が水素シンタ炉 3 0 中に導入され、水素雰囲気中、約 7 0 0 °C の基板温度で約 1 2 0 0 秒間熱処理される。

### 【0036】

このような熱処理の結果、炉 3 0 中においては水素ラジカル H\* が熱的に励起され、このようにして形成された水素ラジカル H\* は図 4 (A), (B) のプロセスと同様にしてポリシリコン膜 2 3 中に侵入し、ポリシリコン膜 2 3 内およびポリシリコン/酸窒化膜界面近傍に存在しているダングリングボンドを終端する。

### 【0037】

このような水素シンタ処理の結果、前記酸窒化膜 2 2 A の形成の際に先に説明した図 1 (C) の工程において酸化膜 2 2 をマイクロ波プラズマ窒化処理していても、これに伴い生じるフラットバンド電圧および半導体装置のしきい値電圧の変化は効果的に補償され、半導体装置は所望の動作特性を示す。

### 【0038】

図 5 の工程では水素ラジカルを熱的に励起するため、プラズマの使用に伴う荷電粒子による半導体装置の帯電の問題は生じることがない。

## 【0039】

以上、本発明を好ましい実施例について説明したが、本発明はかかる特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した要旨内において様々な変形・変更が可能である。

## 【0040】

## 【発明の効果】

本発明によれば、酸化膜をプラズマ窒化処理して形成した酸窒化膜をゲート絶縁膜とする半導体装置において、水素シンタ処理を行うことにより、酸窒化膜表面に存在するダングリングボンドに起因する半導体装置の電気特性の変化を補償することが可能になる。特にこのような水素シンタ処理をマイクロ波プラズマにより行うことで、200℃を下回る低温での処理が可能となる。またこのようなマイクロ波プラズマによる水素シンタ処理では、プラズマエネルギーが低いため、半導体装置の損傷を回避することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

(A)～(E)は、先に提案されている半導体装置の製造工程を示す図である。

## 【図2】

本発明で使われるマイクロ波プラズマ処理装置の構成を示す図である。

## 【図3】

図1の半導体装置製造工程において生起する問題を説明する図である。

## 【図4】

(A)，(B)は、本発明の第1実施例を説明する図である。

## 【図5】

本発明の第2実施例を説明する図である。

## 【符号の説明】

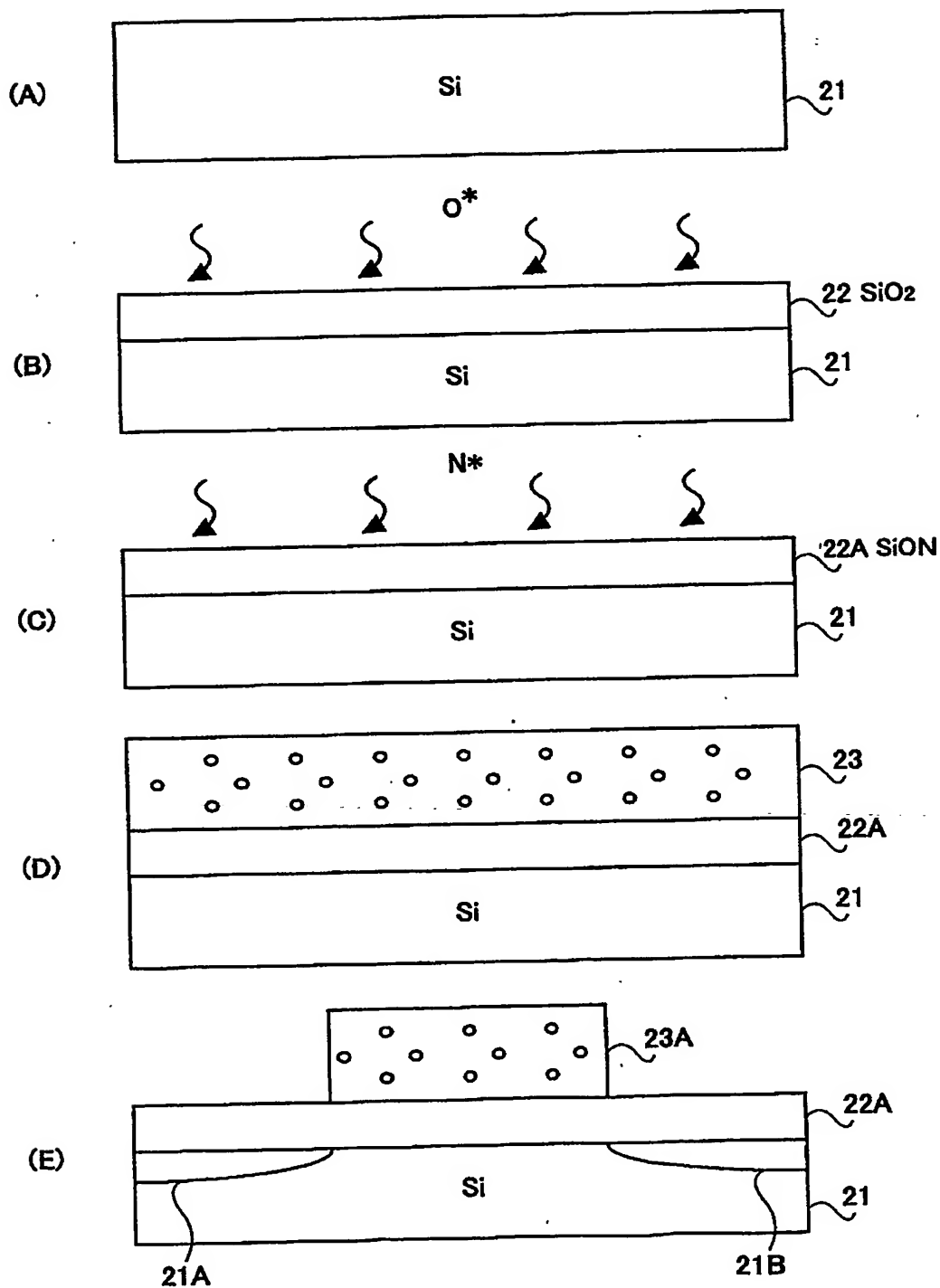
- 10 基板処理装置
- 11 処理室
- 12 基板保持台



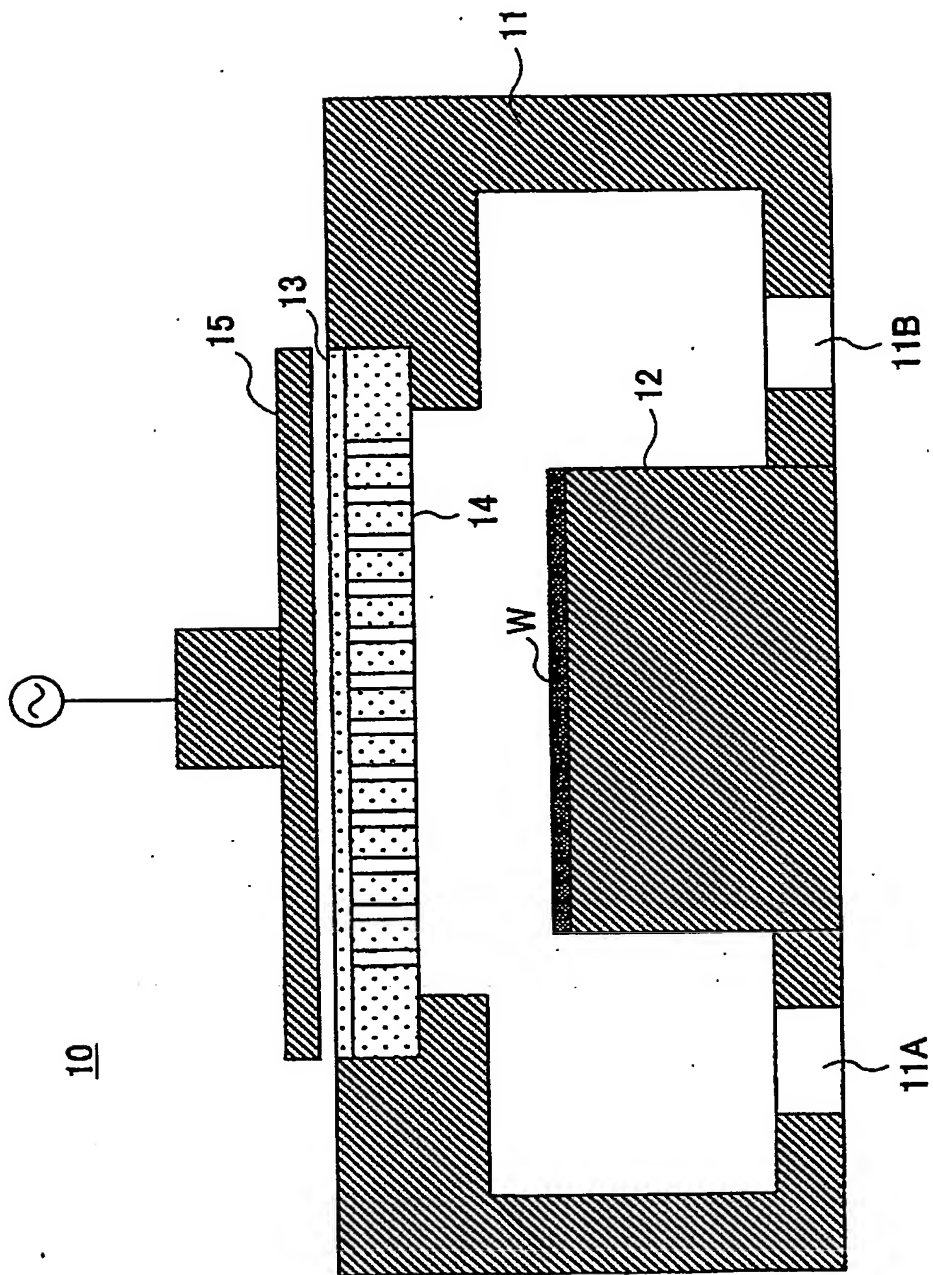
- 13 カバープレート
- 14 シャワープレート
- 15 アンテナ
- 21 シリコン基板
- 21A, 21B 拡散領域
- 22 シリコン酸化膜
- 22A シリコン窒化膜
- 23 ポリシリコン膜
- 23A ポリシリコンゲート電極
- 30 水素シンタ炉

【書類名】 図面

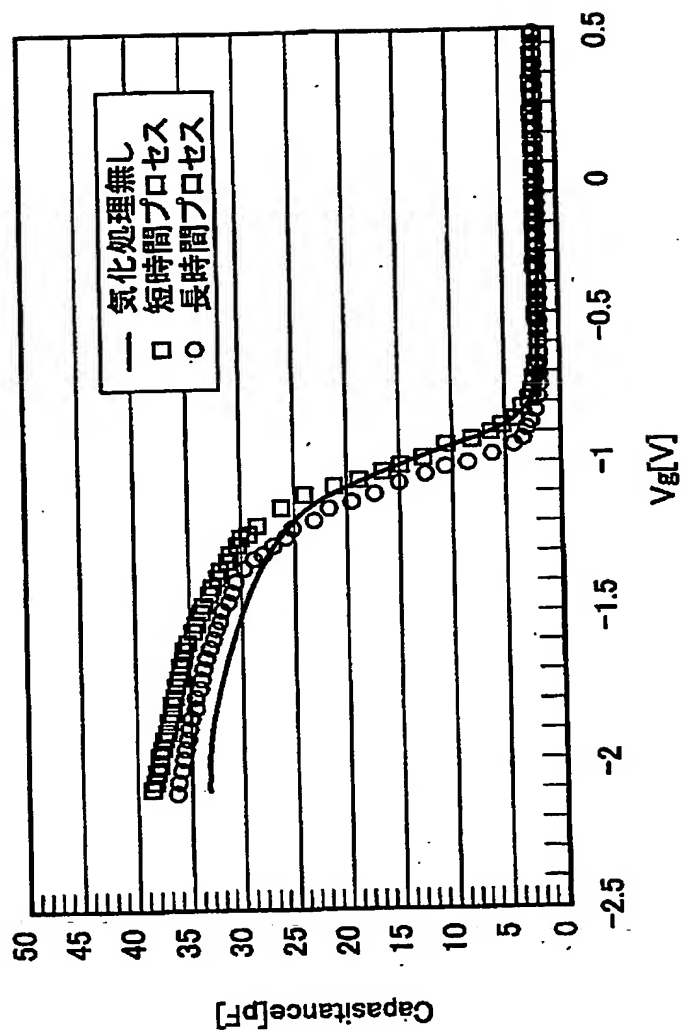
【図1】



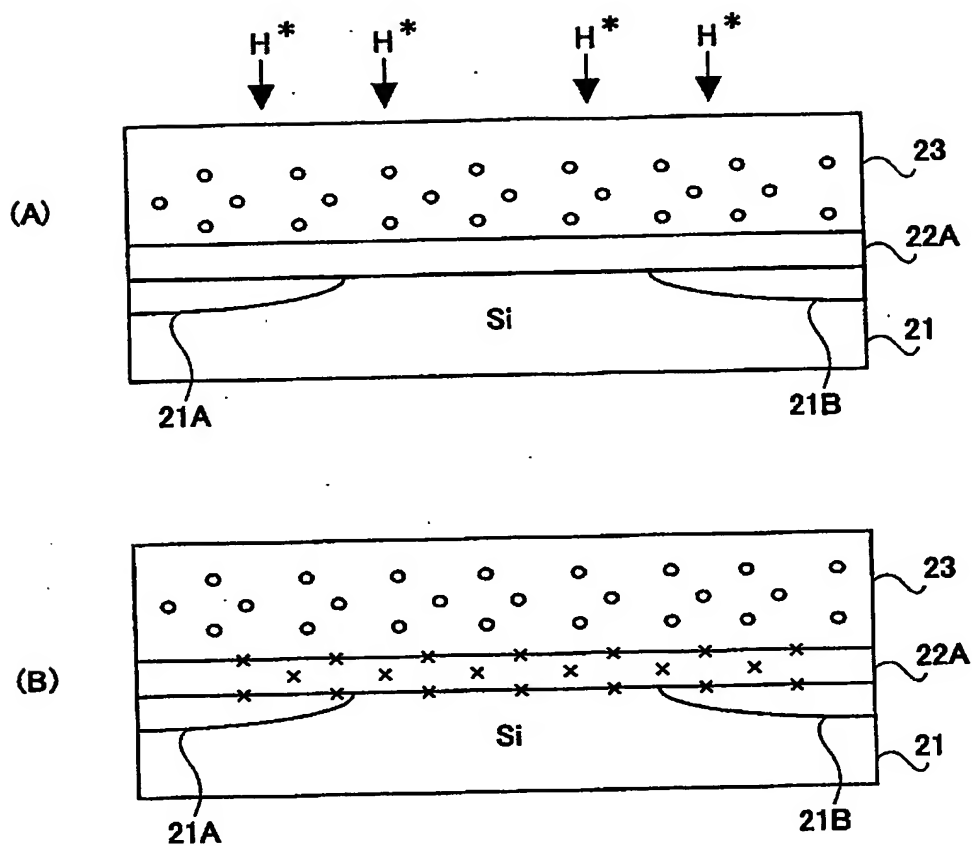
【図 2】



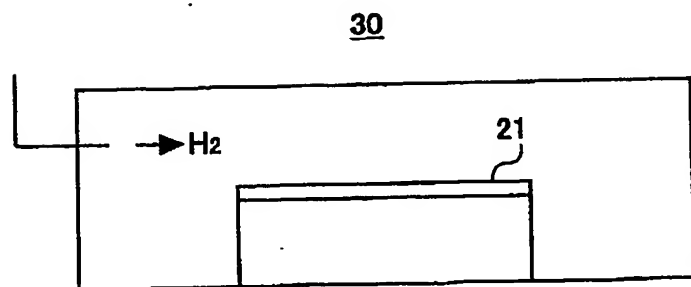
【図 3】



【図4】



【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 酸化膜を窒化処理して形成した酸窒化膜上にポリシリコン膜を形成した半導体装置の電気特性を回復させる。

【解決手段】 ポリシリコン膜を形成した後、半導体装置をマイクロ波プラズマ励起された、あるいは熱的に励起された水素ラジカルに曝露し、酸窒化膜とポリシリコン膜界面のダングリングボンドを水素終端する。

【選択図】 図4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000219967]

1. 変更年月日	1994年 9月 5日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区赤坂5丁目3番6号
氏 名	東京エレクトロン株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**